



Rätt gallringskvalitet med automatisk gallringsuppföljning

Right quality of thinning with automated follow-up of thinning



Foto: Gunilla Guldbrand

Olof Burström

**Arbetsrapport 4 2016
Examensarbete 30hp A2E
Jägmästarprogrammet**

**Handledare:
Kristina A. Ulvcróna**

Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi
S-901 83 UMEÅ
www.slu.se/sbt
Tfn: 090-786 81 00
Rapport från Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi

Rätt gallringskvalitet med automatisk gallringsuppföljning

Right quality of thinning with automated follow-up of thinning

Olof Burström

Nyckelord: hprGallring, gallringsmallar, gallringsstyrka, skördardata, skördare

Arbetsrapport 4 2016

Examensarbete i skogshushållning vid Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi, 30 hp
EX0772, A2E

Jägmästarprogrammet

Handledare: Kristina A. Ulvcróna, SLU, Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi

Examinator: Dan Bergström, SLU, Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi

Sveriges lantbruksuniversitet

Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi

Utgivningsort: Umeå

Utgivningsår: 2016

Rapport från Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi

Förord

Detta examensarbete motsvarar 30 högskolepoäng och har utförts på institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi (SBT) vid Sveriges Lantbruksuniversitet, Umeå. Arbetet utfördes på uppdrag av Norra Skogsägarna.

Jag vill först och främst rikta ett stort tack till min handledare, Kristina A. Ulvcrona på SLU, för all drivkraft och hjälpsamhet du visade under arbetets gång. Håkan Lageson på Norra Skogsägarna hjälpte mig även mycket och svarade på många frågor, tack för all hjälp.

Jag vill även tacka Johan J. Möller, Björn Hannrup och Nazmul Bhuiyan på Skogforsk i Uppsala som svarat på många frågor angående programmet och gett mig värdefulla tips när problem har uppstått.

Till sist vill jag rikta ett stort tack till skördarförarna i Sjöströms Gallringstjänst AB, Engmans Skogsmaskiner i Åkernäs AB och Lennart Häggström som har gallrat försöksbestånden med den nya programvaran.

Olof Burström

Umeå, februari 2016

Sammanfattning

För att kunna kvalitetssäkra och garantera en bra utförd gallring är maskinförarnas egenuppföljning av stor vikt. Idag utförs den manuella uppföljningen ute i fält, vilket är tidsödande och sänker produktiviteten i avverkningsarbetet. För att kunna automatisera stora delar av denna uppföljning har Skogforsk tagit fram en programvara, hprGallring, där skördarföraren kan följa uppgifter om det kvarvarande beståndet direkt i maskinens dator.

Huvudsyftet med denna studie var att undersöka om hprGallring leder till att förarna följer Norra Skogsägarnas gallringmallar bättre och därmed får en bättre kvalitet på gallringarna.

En manuell referensmätning av 12 bestånd gjordes för att jämföra grundyteuttaget och andra beståndsvariabler med resultatet beräknat från hprGallring i skördaren. Resultaten från dessa bestånd jämfördes även med nio bestånd som manuellt följdes upp av praktikanter på Norra Skogsägarna under sommaren 2015, där maskinerna inte hade tillgång till hprGallring. Omfattningen av för hårt gallrade bestånd undersöktes därefter genom att analysera grundyteuttaget i Norra Skogsägarnas gallringsmallar för respektive bestånds ståndortsindex. En intervju genomfördes även med maskinförarna för att ta reda på vilka möjligheter och svårigheter som finns med automatisk gallringsuppföljning.

Maskinförarna var överlag positivt inställda till programmet eftersom de menade att programmet medförde tidsbesparingar, mycket tack vare att de flesta beståndsvariablerna för det kvarvarande beståndet gick att följa direkt i maskinen.

Resultatet visade att 25 % av de 12 gallrade bestånden med hprGallring var gallrade för hårt enligt gallringsmallen medan drygt hälften (56 %) av de 9 bestånd Norra Skogsägarna gjorde en manuell gallringsuppföljning på hade en grundyta som låg under den nedre begränsningslinjen.

Slutsatserna som dras från denna studie är att med det nya programmet följer förarna Norra Skogsägarnas gallringsmallar bättre. Vidare tror jag att detta kommer att ersätta den manuella gallringsuppföljningen i stor utsträckning och att markägarnas skogsbruksplaner i framtiden kommer att kunna uppdateras automatiskt direkt efter utförd gallring.

Nyckelord: hprGallring, gallringsmallar, gallringsstyrka, skördardata, skördare

Summary

To ensure the quality of the thinning, and to guarantee a good own monitoring done by the machine operators are of vital importance. Today the manual monitoring is carried out in the field, which is time consuming and reduces productivity in harvesting work. In order to automate large parts of this, Skogforsk developed a software, hprGallring, where the harvester operator can follow the details of the remaining stand directly in the machine's computer.

The main purpose of this study was to investigate whether hprGallring results in drivers follow the thinning templates for Norra Skogsägarna better and thus get a better quality of the thinning.

A manual reference measurement of 12 stands was done to compare the basal are harvest and other stand variables with the results calculated from hprGallring in the harvester. The results of these stands were also compared with nine stands that were inventoried by the trainees at Norra Skogsägarna in the summer of 2015, and where the machines had not used hprGallring. The effect of too intensively thinned stands was then investigated by analyzing harvest based on basal area in thinning templates of Norra Skogsägarna for the site index for different stands. An interview was also conducted with the drivers to find out what opportunities and challenges available with the program.

The drivers were generally positive about the program. They felt that the program resulted in time savings, thanks to the possibility to follow variables for the remaining stands directly in the machine.

The results showed that 25 % of the 12 thinned stands with hprGallring was thinned too hard according to the thinning templates while just over half (56 %) of the 9 stocks that Norra Skogsägarna made a manual thinning follow-up had a basal area that was below the lower limit line.

The conclusions from this study are that the drivers at Norra Skogsägarna follow the thinning templates better with the new program. Furthermore, I believe that this will replace the manual thinning follow-up to a large extent and that landowners forest management plans in the future will be updated automatically directly after performing the thinning.

Key words: hprGallring, thinning, template, thinning strength, harvester data, harvester

Innehållsförteckning

Bakgrund	7
Gallring.....	7
Norra Skogsägarna	8
Gallring hos Norra Skogsägarna.....	9
Gallringsuppföljning.....	9
hprGallring	11
Följder av felaktiga data	12
Skogsägarens syn på gallring	13
Problemformulering	14
Syfte.....	14
Mål.....	15
Avgränsningar	15
Material och metod.....	16
Studiedesign	16
Studieområdet och beståndsval	17
Provyteutläggning och mätning av provträd	18
Installation av hprGallring för de 12 bestånden	21
Bearbetning av material.....	21
Intervjuer	22
Resultat	23
Materialöversikt.....	23
Jämförelse mellan beståndsvariabler för de 12 bestånden.....	23
Trädslagsfördelning	24
Jämförelse med gallringsmallarnas rekommendationer	25
Intervjuer med maskinförare	28
Diskussion	30
Materialöversikt	30
Jämförelse mellan beståndsvariabler för de 12 bestånden.....	30
Jämförelse med gallringsmallarnas rekommendationer	31
Automatisk överföring till avdelningsregister	32
Framtida studier för hprGallring.....	33
Styrkor och svagheter med studien.....	34
Slutsatser.....	35
Referenser	36
Bilaga 1. Intervjuguide	40

Bilaga 2. Skördare som användes i datainsamlingen	41
Bilaga 3. Beståndsuppgifter för de 12 gallrade bestånden med hprGallring.....	42
Bilaga 4. Beståndsuppgifter för de 9 gallrade bestånden utan hprGallring.....	42

Bakgrund

Gallring

Gallring är en skogsvårdsåtgärd och definieras som: ”beståndsvårdande utglesning av skog under tillvaratagande av virke” (Skogsordlistan, 1994). Genom en gallring kan man tidigarelägga virkesintäkterna och således uppnå en bättre ekonomi samt styra skogens utveckling för att på så sätt tillägna sig ett bättre netto vid den framtida slutavverkningen. Genom att gynna träd med bättre kvalitet och öka gagnvirkesandelen i beståndet kan nettot vid slutavverkningen ökas (Agestam, 2009). Gallring medför även en mängd andra fördelar, bland annat bättre ståndortsanpassning för de enskilda trädslagen, mindre skador, ökad vitalitet och mindre självgallring eftersom förbandet blir längre mellan träden (Mäkinen & Isomäki 2004; Kunskap direkt, 2015). Dock kan gallring även leda till negativa konsekvenser om den utförs på fel sätt. Vid alltför hårda gallringar där färre träd kvarlämnas för tillväxt, eller där skadefrekvensen är hög i det kvarvarande beståndet, kan tillväxten på träden istället minska, varför det är viktigt att en utförd gallring håller en hög kvalitet (Nordberg, 1987; Liziniewicz, 2014).

Efter utförd gallring ökar framförallt de kvarvarande trädens medeldiameter och grundytetillväxt. Denna ökning är större för de grövre träden, eftersom de klenare inte reagerar lika starkt på friställningen vid gallring (Hynynen, 1995; Mäkinen & Isomäki, 2004).

Det första ingreppet vid gallring sker vanligtvis när träden uppnått en övre höjd mellan 10 och 15 meter (m). Vanligen sker en förstagallring vid något lägre ålder för tall i jämförelse med gran eftersom granen är ett sekundärträdslag och därför växer långsammare i början av sin omloppstid (Agestam, 2009). Nilsson m.fl. (2010) har dock visat att varken tallens eller granens totalproduktion på beståndsnivå påverkas av förstagallringens tidpunkt.

Ett bra planeringshjälpmedel för att bestämma tidpunkten för gallring är gallringsmallar, där Skogsstyrelsens mallar är vanligt förekommande. För att erhålla en bra utveckling i det framtida beståndet kan man utifrån gallringsmallar få fram det lämpliga gallringsuttaget för det berörda beståndet. Med hjälp av mallarna kan man påvisa hur skogen bör gallras för att generera en så hög avkastning som möjligt under en omloppstid (Skogsstyrelsen, 2015).

Idag tillämpas det i huvudsak tre slags gallringsformer, nämligen låggallring, normalgallring (kvalitetsgallring) och höggallring. Vid dessa olika former skiljer sig gallringskvoten åt, vilket är förhållandet mellan den aritmetiska medeldiametern i uttaget i relation till den aritmetiska medeldiametern i det kvarvarande beståndet. Vid en låggallring är gallringskvoten $< 0,9$, vilket innebär att de klena träden tas ut medan höggallring har en gallringskvot som är $> 1,0$, eftersom uttaget här inriktas på de grövre träden. Vid normalgallring sparas de mest högkvalitativa träden vilket innebär att gallringskvoten kommer hamna omkring 0,9-1,0 (Agestam, 2009; Skogsstyrelsen, 2013).

Norra Skogsägarna

Norra Skogsägarna är en skogsägarförening och har drygt 16 000 medlemmar. Medlemmarna är organiserade i åtta virkesområden och 28 skogsbruksområden, från Ångermanland i söder till Tornedalen i norr (Figur 1). Norra Skogsägarnas affärsidé är att samarbeta för ett aktivt och hållbart privatskogsbruk i Norrland (Norra Skogsägarnas verksamhetsområde) samt att vara en samarbetspartner för kvalitetsmedvetna kunder i hela världen (Norra Skogsägarna, 2015a).

Norra Skogsägarna omsätter cirka 1,8 miljarder kronor (kr) och har ungefär 350 personer anställda. Den anslutna arealen produktiv skogsmark är cirka (ca) 1, 10 miljoner hektar (ha), varav 8 000 ha produktiv skogsmark utgörs av föreningens eget skogsinnehav. Norra Skogsägarna vill bedriva ett aktivt och uthålligt skogsbruk som leder till ökad tillväxt och därmed ökat värde för medlemmarnas skogsinnehav. År 2014 var Norra Skogsägarnas totala virkesleverans till industrier nästan 1,8 miljoner fastkubikmeter under bark (m³fub), varav 820 000 m³fub levererades till Norra Skogsägarnas träförädlingsindustrier i Sävar, Kåge och Agnäs i form av timmer och stolpar (Norra Skogsägarna, 2014).

Norra skogsägarna har även försäljning av skogsbruksplaner till sina medlemmar, vilket är ett bra beslutsstöd för skogsägaren och utgör grunddokumentet vid PEFC-certifiering (Programme for the Endorsement of Forest Certification). Under 2015 färdigställdes och levererades planer för drygt 74 000 ha (Broman, 2016, pers. komm.).



Figur 1. Norra Skogsägarnas verksamhetsområde (Norra Skogsägarna, 2015b).

Figure 1. Operational area of Norra Skogsägarna (Norra Skogsägarna, 2015b).

Gallring hos Norra Skogsägarna

Norra Skogsägarna gallrar i normalfallet för att maximera beståndets ekonomiska avkastning (maximalt nuvärde). Underväxtröjning sker inför de flesta gallringarna som utförs av Norra Skogsägarna, där avverkningshämmande stammar under 8 cm i brösthöjdsdiameter röjs bort.

Norra Skogsägarna (2007) rekommenderar i första hand normalgallring där trädets egenskaper och kvalitet styr om de lämnas kvar. Jämfört med Agestam (2009) skiljer sig gallringskvoten en aning för denna gallringsform, då Norra Skogsägarnas gallringskvot för normalgallring är 0,8-1,0.

Vid täta bestånd med upphissade kronor bör man tillämpa låggallring enligt Norra Skogsägarna (2007), detta för att minska risken för snöbrott som är större för de klenaste träden (Valinger m.fl., 1994; Nykänen m.fl., 1997). Skogsägarens netto sänks dock eftersom gallringskvoten ligger under 0,8 när de klenaste träden i beståndet tas ut (Norra Skogsägarna, 2007).

Norra Skogsägarna (2007) skriver vidare i sina gallringsriktlinjer att ”fältorganisationens uppdrag är att utföra varje enskilt gallringsuppdrag enligt efterfrågad kvalitet (leverantörens önskemål), till lägsta möjliga kostnad”. Som grund använder maskinförarna Norra Skogsägarnas gallringsmallar som bygger på Skogsstyrelsens gallringsmallar. Mallarna behöver däremot inte följas till punkt och pricka, utan skogsägarens önskemål tas också i beaktning. Skogsvårdslagens regler får dock inte bli åsidosatta. Enligt paragraf 10 i Skogsvårdslagen bör inte virkesförrådet efter den utförda gallringen understiga den nivå som gäller för Skogsstyrelsens virkesförrådsdiagram (Skogsstyrelsen, 2014a).

Entreprenören ansvarar för att löpande kontrollera och rapportera resultatet efter utförd gallring (gallringsform, grundyta och naturhänsyn). Varje virkesområde ansvarar för uppföljning av minst två trakter per maskin och år. Resultatet jämförs sedan med entreprenörers kvalitetssäkring av motsvarande trakt. Därefter rapporteras jämförelsen till berörd entreprenör samt till skogsavdelningen på huvudkontoret i Umeå.

Om stora kvalitetsavvikelser uppmärksammas ansvarar respektive skogsinspektör för att med berörd skogsägare nå en uppgörelse. Med kvalitetsavvikelser menas avvikelser mellan traktdirektivet och den objektiva gallringsuppföljningen, där exempelvis medelstammen i det kvarvarande beståndet och grundytan efter gallring maximalt får avvika +/- 15 % från traktdirektivets angivna kvalitet. Vid avvikelser på grund av bristfällig planering eller otydliga traktdirektiv står virkesområdet för kostnaderna, i annat fall står entreprenadföretaget för kostnaderna (Norra Skogsägarna, 2007).

Gallringsuppföljning

Gallringsuppföljning har funnits ca 30 år bland dagens skogsföretag. Med mekaniseringens frammarsch i gallringsbestånd i början av 1980-talet började även skogsföretagen intressera sig för uppföljningar av maskinernas utförande och kvalitetssäkring av arbetet, eftersom den ökande mekaniseringen även medförde fler skador på de kvarvarande träden

(Bylund, 2008). Idag arbetar de flesta skogsbolag med uppföljningar i gallringsbestånd. Åneklint (1999) menar att kvalitetssäkring i gallring är en form av åtgärd där företagen undersöker om gallringen utförs enligt dess gallringsriktlinjer och gallringsmallar.

Idag är det framförallt maskinförarna som gör egenuppföljningar efter utfört arbete, något som både kostar tid och pengar i form av minskad produktion (Bylund, 2008; Lindström & Olbers, 2009). Åneklint (1999) menar att maskinlagens egenuppföljning måste vara effektiv för att förarna ska känna sig motiverade till att utföra arbetet. Vissa egenuppföljningar kan således utebli, något som kan påverka gallringarnas kvalitet.

Ytterligare problem med dagens gallringsuppföljningar kan bland annat vara att företagen inte gör regelbunden återkoppling av uppföljningsresultatet till maskinförarna. Många av förarna saknar återkoppling av de utförda gallringarna och en konsekvens av detta kan bli att kvaliteten på de utförda gallringarna blir sämre då förarna inte får någon uppmuntran och inte har några tydliga mål och riktlinjer att sträva mot. Ett annat problem med företagsvisa gallringsuppföljningar kan vara den begränsade mängden av insamlad data, vilket kan ge felaktiga beskrivningar av det kvarvarande beståndet efter gallring (Bylund, 2008; Lindström & Olbers, 2009).

I en studie av Thor m.fl. (1996) identifierades att potentialen att implementera automatisk gallringsuppföljning var stor, där skördardata började användas under gallringsarbetet för att kunna följa det löpande uttaget av grundytan (m^2/ha). År 2009 beskrev även Nordström m.fl. (2009) möjligheterna till automatisk gallringsuppföljning utifrån skördarnas produktionsdata, vilket kunde innebära att de manuella gallringsuppföljningarna i fält sparades in.

Baserat på skördarnas produktionsdata har Skogforsk genomfört ett projekt för beräkning av bestandsvariabler efter gallring, grundat på en sammanställning av gallringsuttaget. Beslutsstödet är tänkt att dels ge information om uttagen och kvarlämnad grundyta efter gallring i realtid för gallringsskördarna, men även andra uppgifter såsom gallringsstyrka och gallringskvot. Systemet, som kallas hprGallring, testades under 2014 på 60 gallringsbestånd i Sverige från södra Småland till Norrbotten. Det insamlade resultatet har således en god geografisk spridning och vid jämförelse av Riksskogstaxeringens sammanställningar över tillståndet i den svenska gallringsskogen visar provytedata att materialet är representativt för svensk gallringsskog (Riksskogstaxeringen, 2015).

Hpr betyder ”harvested production” och är en nyare version av skördarens produktionsfil (pri-fil). I hpr-filen ges data för varje enskilt träd, såsom trädslag, brösthöjdsinformation och om trädets geografiska position (Möller m.fl., 2015).

I Skogforsks studie utfördes en manuell totalklavning av de kvarvarande stammarna efter gallringen för att kunna jämföra resultatet mot skördarens värden med hprGallring. Resultatet visade att de beräknade beståndsuppgifterna överensstämde väl med motsvarande beståndsuppgifter från manuell referensmätning. För bestandsvariablerna grundytavägd medeldiameter (D_{gv}), volym, grundyta, övre höjd och stamantal rörde det sig om systematiska avvikelser som var små, $< 2,2 \%$, vid jämförelse mellan skördardatat och manuell referensmätning (Möller m.fl., 2015).

Vidare visade det sig att standardavvikelsen för avvikelsen mellan beräknade värden från skördardatat och referensmätta värden var 4 % för D_{gv} och 8 % för övre höjd. I studien av Möller m.fl. (2015) visade det sig även att motsvarande standardavvikelse för grundyta och volym var 12-13 % medan stamantalet hade störst avvikelse, 16-20 %. I bestånd med låg volym efter gallring fanns det däremot en risk för systematisk överskattning av volymen med skattning av hprGallring.

Vid beräkning från skördardata gällande trädslagsfördelningen visar samma studie att överensstämmelsen med de referensmätta värdena var mycket god, med en avvikelse på mellan noll och tre procentenheter. Om gallringsuttaget däremot var inriktat på ett specifikt trädslag, till exempel utgallring av gran i tallbestånd, var avvikelserna större, uppemot 40 %.

Skogforsk framtagna system för automatisk gallringsuppföljning har visat sig ha en hög precision i jämförelse med andra inventeringsmetoder. I elva studier av Naesset (2007) togs precisionen fram för laserskanning av gallrings- och slutavverkningsskog. I många av dessa fall var standardavvikelsen för de skördarbaserade skattningarna endast något högre än motsvarande standardavvikelse från laserinventeringen. Faktum är att standardavvikelsen för D_{gv} var cirka 5 % lägre från de skördarbaserade skattningarna. I en studie av Ståhl (1992) skattades ett antal variabler med hjälp av subjektivt utlagda relaskopytor. Även i detta fall visade det sig att de skördarbaserade skattningarna erhöll en bättre precision.

hprGallring

Dagens moderna skördare genererar data för varje enskilt träd som avverkas med hjälp av maskinens mätutrustning för diameter och längd. I produktionsfilen genereras även trädvisa koordinater med hjälp av GPS-mottagaren. Produktionsfilerna från varje avverkat bestånd skickas sedan till Skogsnäringsens datacentral, SDC (Möller m.fl., 2011a).

Med datorprogrammet hprGallring kan skördardatat läsas in automatiskt i form av hpr-filer som hämtas hem från SDC. Om pri-filer läses in omvandlar programmet först dessa till det nyare filformatet hpr. Därefter beräknas och presenteras olika beståndsparametrar i programmet (Möller m.fl., 2015).

Programmets arbetsgång kan sammanfattas i fyra steg:

1. Inläsning och bearbetning av data.
2. Arealberäkning och indelning i prognosytor.
3. Beräkning av uttag.
4. Prognos på kvarvarande skog.

När filerna har hämtas hem från SDC och förts in i programmet bearbetas det med hprCM (harvester production Calculation Modul). Modulen rekonstruerar trädens stockar till stammar, beräknar egenskaper för höjd, volym och diameter så ett resultat erhålls för varje bearbetat träd (Möller m.fl., 2011b).

Därefter beräknas områdets areal utifrån de avverkade trädens koordinater. Inom varje bestånd förekommer det ofta mer eller mindre stora variationer, för bland annat trädens höjd och områdets bonitet. Programmet delar därför in varje bestånd i delområden med liknande skog, så kallade prognosytor, vilka baseras på skogens övre höjd. Områdena avstyckas i 0,5-2 ha ytor, där strävan är att erhålla så enhetliga prognosytor som möjligt (Möller m.fl., 2015).

Med hjälp av samtliga utgallrade stammar utifrån skördardatat kan den genomsnittliga övre höjden per bestånd bestämmas. Närliggande områden med liknande övre höjd slås således samman. För att programmet ska kunna göra en analys av området måste prognosytan bestå av minst 100 stammar och omfattas av en areal som överstiger 0,5 ha. Områden mindre än 0,5 ha görs det inte någon prognos för (Möller m.fl., 2015).

De informationskällor som utnyttjas i programmet är först och främst informationen om uttaget och statistikuppgifter från de 60 gallringsbestånden. Därefter har det tagits fram algoritmer som utifrån denna information beräknar beståndsuppgifter efter gallring (Möller m.fl., 2015).

Tre styrparametrar används för att räkna och beskriva det kvarvarande beståndet efter gallring. Dessa är:

1. Gallringskvot, vilken definieras som kvoten mellan grundytvägd medeldiameter i uttaget och grundytvägd medeldiameter efter gallring.
2. Gallringsstyrka, vilken definieras som uttagen grundyta i relation till ursprunglig grundyta.
3. Sambandet mellan övre höjd och grundyta efter gallring (Möller m.fl., 2011b).

Sambandet mellan övre höjd och grundytan efter gallring används för att utarbeta ett begränsningsintervall inom vilka den beräknande grundytan efter gallring tillåts variera, det vill säga ett max-/minintervall för tillåten grundyta efter gallring (Möller m.fl., 2011b).

Följder av felaktiga data

Tack vare att indatat i systemet för automatisk gallringsuppföljning kommer från skördarens produktionsfiler håller det en hög kvalitet (Möller m.fl., 2015). Ståhl (1992) visar i sin studie att relaskopmetoden gav ett medelfel på i snitt 14 %. Stamantalet hade ett högt medelfel medan precisionen för D_{gv} , ståndortsindex och medelhöjden var bättre. Vidare visar samma studie att inventerarens erfarenhet spelar stor roll vid fältarbetet och datainsamlingen, där de mer erfarna inventerarna samlar in data med högre precision. Inventerarnas datainsamling från större avdelningar (ca 15 ha) hade i genomsnitt sämre skattning än data från mindre avdelningar (ca 3 ha) (Ståhl, 1992).

Vid felaktig och dålig datakvalitet på skogen kan följderna bli förödande på beståndsnivå, där planeringen av åtgärder på skogen kan bli felaktiga. Detta kan leda till att den planerade andra gallringen sker vid fel tidpunkt eller att gallringsstyrkan blir för hög eller låg. Om grundyta, medelhöjd, beståndsåldern och ståndortsindex har ett medelfel på 15 % kan förlusten bli knappt 500 norska kronor/ha (ca 460 SEK/ha) (Eid, 2000). Larsson (1994) visar att förlusten, om bland annat volymen och grundytan är felaktiga, kan bli i

medel 600 SEK/ha för slutavverkningsavdelningar. Ytterligare en studie av Järlesäter (2014) visar även på den negativa ekonomiska effekt som blir vid gallring ner till låga grunddytor. Studien menar att gallring ner till låga grunddytor (15 m²/ha) ger cirka 20 % lägre nettonuvärde (8 700 kr/ha) jämfört med bestånd som gallras ner till normala (ca 20 m²/ha) eller lite högre grunddytor.

Skogsägarens syn på gallring

I en enkätstudie av Persson (2000) visade det sig att skogsägaren vill kunna påverka hur gallringen ska utföras på deras skog genom egna önskemål om bland annat gallringsform och gallringsstyrka. Vidare ansåg de flesta skogsägare att maskinförarna har stor påverkan på gallringens utförande och att skogsägarens val av entreprenör och inköpande bolag görs efter respektives gallringsresultat och dess kvalitet på det kvarvarande beståndet efter gallring.

Skogsägarens syn på gallring är framförallt utifrån en kvalitetsaspekt. Skogsägaren menar att gallringen ska utföras med rätt gallringsstyrka och inga stamskador bör uppstå på de kvarlämnade träden. De flesta skogsägare anser även att förstagallringarna oftast utförs med en för hög gallringsstyrka och att det istället kan vara bättre att utföra flera gallringar med en lägre gallringsstyrka. Själva synintrycket spelar också stor roll, där till exempel sönderkörda vägar och marker gör skogsägaren missnöjd (Persson, 2000).

En utförd gallring med kvalitetsgaranti var något som 95 % av skogsägarna i studien tyckte skulle varit bra eller mycket bra (Persson, 2000). Detta innebär att gallringarna kontrolleras och följs upp utifrån företagets rutiner, vilket betyder att företaget måste ha en väl förankrad dokumentation för hur gallringen ska följas upp för att uppnå denna kvalitetsgaranti (Bergkvist & Staland, 2003).

Efter gallringen kan en uppdatering ske av bestandsvariabler i olika avdelningsregister, bland annat för volymen och trädslagsfördelningen. Perssons (2000) studie visade att 75 % var intresserade av att få sin skogsbruksplan uppdaterad efter gallring och dessutom kunde drygt 60 % tänka sig att betala för denna uppdatering.

Idag är det framförallt viktigt för maskinförarna att hålla en hög produktion, vilket kan leda till att kvaliteten blir åsidosatt. Persson menar därför att det är av stor vikt att maskinförarna och fälttjänstemännen håller regelbunden kontakt och för en dialog om gallringsresultatet, även om detta kostar en del i form av minskad produktion (Persson, 2000).

Kostnaden för att få en kvalitetsgaranti på utförd gallring påverkas framförallt av virkessuttagets storlek (Åneklint, 1999). Åneklint (1999) menar att gallringsuppföljningar tar längst tid i förstagallringar, där virkessuttaget och medeldiametern oftast är lägre och kostar således mer både i form av tid samt minskad produktion. Däremot är det av stor vikt att göra egenuppföljningar i dessa områden eftersom de utgör grunden för det framtida beståndet.

Nya rutiner för egenuppföljning är således efterfrågad hos dagens entreprenörer och skogsföretag för att minska tiden i fält samtidigt som kvaliteten fortsatt hålls på en hög

nivå. Med hjälp av Skogforsk nyutvecklade system för automatisk gallringsuppföljning kan skattning av bestandsvariabler ske med hög precision och förbättrar troligen kvaliteten i gallringsarbetet (Möller m.fl., 2015).

Problemformulering

Inom Norra Skogsägarnas åtta virkesområden genomförs varje år gallringsuppföljningar. Dessa utförs objektivt genom en systematisk cirkelyteinventering där bland annat den kvarstående grundytan efter gallring beräknas genom de klavade träden inom cirkelytan. Resultatet från det senaste årets gallringsuppföljning i förstagallringar tyder på att den kvarvarande grundytan efter gallring alltför ofta är lägre än vad traktdirektivet och Norra Skogsägarnas gallringsmall anger (Lageson, 2015, pers. komm.). I en studie av Möller m.fl. (2015) låg gallringstyrkan i genomsnitt på 33,7 % för första gallringar, vilket även den följer trenden mot ökande gallringsstyrka i förstagallringar. I samma studie låg dessutom grundytan efter gallring under den nedre begränsningslinjen i Interaktiv gallringsvariator (INGVAR) på nästan 70 % av de barrdominerade bestånden (Skogforsk, 2010).

Sammantaget kan detta resultera i alltför glesa bestånd som leder till ett lågt utnyttjande av skogsmarkens produktionsförmåga och tillväxtförluster. Resultat från de gallrings- och gödslingsförsök (GG-försöken) som dåvarande Skogshögskolan anlade mellan 1966 och 1981 visar att bestånd som blivit gallrade till en grundyta på 12 m²/ha har 20 % lägre produktion av levande virke än de bestånd som blivit gallrade till 23 m²/ha. Detta ger dessutom förluster vid framtida avverkningar (Nilsson m.fl., 2010).

Syfte

Huvudsyftet med detta examensarbete var att undersöka om Norra Skogsägarnas gallringsmallar följdes bättre med hprGallring installerat i skördaren, där hypotesen var att färre bestånd skulle gallrats för hårt enligt gallringsmallen när maskinförarna hade programmet installerat i skördaren.

Arbetet syftade även till att kvantifiera avvikelser för bestandsvariabler i gallringsuppföljning utförd med hprGallring i relation med referensmätningar. De berörda bestandsvariablerna var kvarvarande volym, grundyta och antal stammar efter gallring, grundytevägd medelhöjd (H_{gv}), grundytevägd medeldiameter (D_{gv}), trädslagsfördelning, gallringsstyrka samt gallringskvot.

Intervjuer genomfördes även med tre maskinförare som syftade till att undersöka för- och nackdelar med automatisk gallringsuppföljning.

I arbetet avsågs mer specifikt att besvara följande frågeställningar:

- **Bestandsvariabler:** Hur bra är överensstämmelsen för bestandsvariablerna genererat från hprGallring i jämförelse med den manuella gallringsuppföljningen på motsvarande bestånd?

- **Gallringsmallar:** Leder programmet till att skördarförarna följer Norra Skogsägarnas gallringmallar bättre och därmed får en bättre kvalitet på gallringarna?
- **Automatisk gallringsuppföljning:** Vilka möjligheter och svårigheter finns med automatisk gallringsuppföljning enligt maskinförarna?
- **Avdelningsregister:** Hur kan resultatet från automatisk gallringsuppföljning användas för att uppdatera avdelningsregister, såsom skogsbruksplaner?
- **Manuell gallringsuppföljning:** Kan automatisk gallringsuppföljning ersätta manuell gallringsuppföljning i framtiden?

Mål

Målet var att ge Norra Skogsägarna en bild av om deras gallringsinstruktioner kan följas bättre med automatisk gallringsuppföljning och hprGallring installerat i maskinerna och om detta är något de kan börja använda sig av i större utsträckning efter detta arbete.

Avgränsningar

Studien avgränsades till tre av Norra Skogsägarnas gallringsskördare och till fyra bestånd per maskin. Endast förstagallringar ingick i studien eftersom andelen förstagallringar ökar i Sverige enligt data från Riksskogstaxeringen (2015).

Material och metod

Studiedesign

Studien utfördes enligt följande steg:

1. HprGallring installerades på tre skördare (Bilaga 2).
2. För dessa tre skördare valdes fyra bestånd ut per maskin, vilket resulterade i totalt 12 bestånd för denna försöksserie.
3. En manuell referensmätning utfördes på de 12 bestånden.
4. Avvikelser för beståndsvariablerna från skördaren (hprGallring) jämfördes mot värdena från den manuella referensmätningen.
5. Intervju utfördes med en förare per maskin.
6. Därefter analyserades data av 9 bestånd från Norra Skogsägarnas gallringsuppföljning som utfördes under sommaren 2015.
7. Dessa 9 bestånd gallrades av samma skördare (3 bestånd per maskin). HprGallring var däremot inte installerat i maskinerna vid denna tidpunkt.
8. Bestånden hade följts upp manuellt på samma sätt som de 12 bestånden, men till den skillnaden att det var en annan förrättningsman.
9. Slutligen gjordes analys i Norra Skogsägarnas gallringsmallar för att undersöka om färre bestånd gallrades för hårt med hprGallring installerat i skördarna.

Studieområdet och beståndsval

Studien genomfördes på 21 gallringsbestånd, belägna i tre av Norra Skogsägarnas totalt åtta virkesområden, nämligen Södra och Norra Ångermanland samt Södra Västerbotten. Studien utfördes i form av två försöksserier, där hprGallring användes på 12 bestånd där även en manuell referensmätning gjordes. På de resterande 9 bestånden utfördes endast manuell gallringsuppföljning (Figur 2).



Figur 2. Studieområdet. Röda cirkelytor anger de 12 bestånden där hprGallring användes i skördarna medan de svarta cirkelytorna anger de resterande 9 bestånden. Närliggande bestånd är endast markerade med en cirkelyta (Bild: Fugawi, 2015).

Figure 2. The study area. Red circular plots indicate the 12 stands where hprGallring is used in the harvesters, while the black circular plots indicate the remaining 9 stands. Nearby stands are only marked with one circular surface. (Picture: Fugawi, 2015).

Valet av inventeringsbestånd för datainsamling valdes ut i samarbete med produktionsledaren för respektive berört virkesområde. De 12 bestånden som valdes för datainsamlingen skulle vara större än 1 ha och barrträdsdominerade ($> 70\%$ tall och/eller gran). Bestånden skulle ej vara smala och avlånga. Medelstammen före gallring skulle för samtliga bestånd ligga under $0,10 \text{ m}^3/\text{fub}$, vilket utgör ett typbestånd vid förstagallring (Bredberg, 1972). Hänsyn togs även till maskinlagens ruttplan samt till vilka trakter som fanns i den befintliga traktbanken.

Provyteutläggning och mätning av provträd

På varje gallrat bestånd gjordes en objektiv systematisk cirkelyteinventering. Enligt Bergkvist och Staland (2003) fångas skogens heterogenitet bättre med flera mindre provytor gentemot färre provytor med större areal. Med detta som grund användes en provyteradie på 7 m (154 m^2). En provyteradie på 10 m användes vid skattning av ståndortsindex (Norra Skogsägarna, 2015c).

Startpunkten för den första provytan valdes ut genom att förrättningsmannen sökte upp den västligaste punkten i beståndet. Sedan gick förrättningsmannen ett halvt provyteförband (m) i östlig riktning enligt:

$$1) \quad ((A/n)^{0,5}/2)$$

Där "A" är traktens areal i m^2 , och "n" betecknar antalet tänkta provytor (Tabell 1). Därefter uppsöktes närmsta beståndskant i nord-sydlig riktning. Från denna beståndskant gick förrättningsmannen ett halvt provyteförband i nord-sydlig riktning och där placerades den första provytan. Orienteringen mellan provytorna gjordes med hjälp av stegning och kompass (Norra Skogsägarna, 2015c).

För att beräkna avståndet mellan provytorna (provyteförbandet) användes följande formel:

$$2) \quad \text{Provyteförbandet} = (A/n)^{0,5}$$

Där "A" är traktens areal i m^2 och "n" betecknar antalet tänkta provytor (Tabell 1). Ett antal provytor hamnade på avdelningens gräns. När detta inträffade speglades dessa provytor. Enligt Wilhelmsson (2013) ska den del av provytan som hamnar utanför provytan "vikas in", vilket gjorde att vissa delar av beståndet således inventerades två gånger.

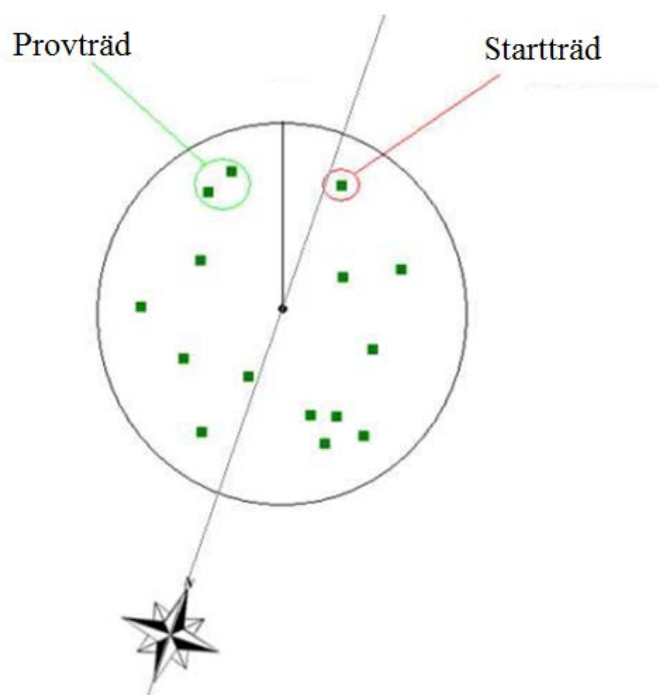
Efter varje utförd provyta genererades ett medelfel fram i klaven, vilket förklarade avdelningens homogenitet. Ett lågt medelfel indikerade ett likartat bestånd medan ett högt medelfel innebar ett heterogent bestånd. När beståndet erhöll ett medelfel som var $\leq 5\%$ kunde utläggningen av provytor avbrytas eftersom tillräckligt många provytor då beskrev beståndet.

Tabell 1. Antalet utmarkerade provvytor (n), i förhållande till traktens storlek, som användes för att beräkna provyteförbandet. I vissa fall blev antalet inventerade provvytor färre än antalet utmarkerade och grundades på att ett acceptabelt medelfel hade uppnåtts

Table 1. The original intended number of plots (n), according to the size of the stand, used to calculate the spacing between sample plots. In some cases, the number of inventory plots where less than the number of signposted and was based on an acceptable standard error had been achieved.

Traktens areal (ha)	Antalet tänkta provvytor (n)
1,0-3,9	7
4,0-7,9	9
8,0-10,9	12
11,0-19,9	15
20,0-29,9	18
≥30,0	20

Provytedata samlades in enligt gallringuppföljningsinstruktioner från Norra Skogsägarna (2015c). På provytan valdes först ett startträd ut. Det träd som var placerat i eller närmast den tänkta norrlinjen valdes ut som startträd. De två sista träden som klavades blev provträd förutsatt att de var friska, ej toppbrutna och ej kraftigt undertryckta (Figur 3). Om något av dessa träd inte uppfyllde kraven för att det skulle bli ett provträd valdes istället det träd som senast klavades innan det skadade trädet. För provträden mättes förutom brösthöjdsdiametern även trädhöjden. Med hjälp av Haglöfs tillväxtborr bestämdes även provträdens ålder.



Figur 3. Startträdet var det första trädet till höger om norrlinjen, provträden för höjdmätning var de två sista träden (Bild; Norra Skogsägarna, 2015c).

Figure 3. The start tree was the first tree to the right of the north line, the sample trees for measuring tree height and age were the last two trees (Picture; Norra Skogsägarna, 2015c).

På provytan enkelklavades diametern för alla träd över 8 cm i brösthöjd (BH=1,3 m ovanför fröets tänkta gröningspunkt) för att erhålla grundyte- och diameterfördelningen. Underväxtröjning var gjord före gallringen, där stammar upp till och med cirka 8 cm i BH röjdes bort.

Klavens skänkel riktades mot ytcentrum vid klavning. Om trädets centrum låg närmare än 7 meter från provytecentrum ansågs trädet ligga inom provytan. Trädet räknades som två träd när det delade sig (klykor) under BH. Döda träd klavades ej och träd som lutade mer än ca 30 % räknades som döda och klavades således inte.

En iPad, med applikationen ”NorraFält”, användes för att erhålla bestandsvariabler innan gallring på de bestånd som studerades. iPadens interna GPS användes för positionering i bestånden. Traktdirektiv med tillhörande karta erhöles även för samtliga bestånd. Inhämtning av data skedde från tre skördare av olika fabrikat, nämligen en Komatsu 911.5, Rottne H8 samt en John Deere 770 D (Bilaga 2). För varje maskin studerades fyra bestånd efter utförd gallring.

Insamling av data från den manuella gallringsuppföljningen skedde med hjälp av Haglöfs dataklave Digitech Professional®, (Haglöf Sweden AB, Långsele) genom mätning av trädens diameter och grundyta (Figur 4). Resultatet från klaven överfördes sedan till en PC med hjälp av programmet WinDp®.

Haglöfs® Vertex IV höjdmätare med transponder T3 användes som avståndsmätare för kontroll av cirkelprovytans radie (Figur 4). Transponder T3 placerades på en adapter som satt på en 1,3 m hög centrumkäpp (Figur 4). Adaptern användes till att sända ultraljudssignaler för att kunna mäta avståndet mellan transpondern i provytans centrum och höjdmätaren. Kalibrering av transponder T3 och Vertex IV gjordes även innan varje fältbesök för att erhålla hög precision. Haglöfs® Vertex IV med transponder T3 användes även för mätning av trädens höjd (Figur 4).

För samtliga bestånd registrerades även övre höjd på var tredje provyta per bestånd. I dessa fall var cirkelytans radie 10 m. På dessa provytor valdes de två grövsta (störst brösthöjdsdiameter) träden av samma trädslag ut som övre höjds-träd (ÖH-träd). Liksom för provträden registrerades här även trädhöjd, trädslag, ålder och brösthöjdsdiameter (Norra Skogsägarna, 2007). Utifrån övre höjden (ÖH) och åldern erhöles sedan ett ståndortsindex (SI) från klaven (Användarmanual Haglöf, 2014).



Figur 4. Utrustning som användes vid fältarbetet. A. Haglöfs dataklave Digitech Professional® B. Centrumpäpp med adapter C. Transponder T3 D. Höjdmätare, Haglöfs® Vertex IV. (Norra Skogsägarna, 2015c).

Figure 4. Equipment used during the field work. A. Haglöf Digitech Professional® caliper B. Centre stick for the adapter C. Transponder T3 for the hypsometer D. Digital hypsometer, Haglöfs® Vertex IV. (Norra Skogsägarna, 2015c).

För att data skulle erhållas från de avverkade träden klavades samtliga stubbar grövre än 8 cm, vilket gjorde att bland annat deras brösthöjdsdiameter kunde skattas genom de program som fanns i Haglöfs dataklave. För samtliga träd och stubbar registrerades trädslaget. Färgmärkning av de klavade träden och stubbarna gjordes även för att undvika att missa något träd/stubbe eller att de dubbelklavades.

Installation av hprGallring för de 12 bestånden

För att skatta det kvarvarande beståndet efter gallring installerades hprGallring i de tre skördarna. På varje gallrat bestånd gjordes dessutom en manuell cirkelyteinventering för att kunna jämföra resultatets noggrannhet från den manuella referensmätningen med värdena från hprGallring. De gallringar som utfördes med hprGallring installerat i de tre skördarna gjordes under hösten 2015. Den manuella referensmätningen på dessa gallrade bestånd utfördes även under hösten 2015.

Bearbetning av material

Datat från varje gallrat bestånd innehöll en eller flera hpr-filer. Dessa data hämtades hem från SDC och kunde sedan analyseras i hprGallring.

För de berörda variablerna som beskrev det kvarvarande beståndet efter gallring gjordes en jämförelse mellan måtten beräknade från hprGallring och motsvarande mått från den manuella referensmätningen. Den systematiska avvikelsen mellan inventeringsmetoderna, vilken beräknas som värdet från hprGallring dividerat med värdet från den manuella referensmätningen, angavs sedan tillsammans med standardavvikelsen för att se hur stor spridningen var kring medelvärdet. Slutligen utfördes ett parat t-test för att jämföra de statistiska skillnaderna mellan de värden som erhöles vid den manuella referensmätningen i fält med de värden som beräknades utifrån skördardatat med hprGallring.

Signifikansnivån sattes till 95 % ($p < 0,05$) (Samuels & Witmer, 2003). Till hjälp användes Minitab 17 (Minitab 17 Statistical Software, 2010).

Under sommaren 2015 utförde sommarpraktikanter åt Norra Skogsägarna en manuell gallringsuppföljning (referensmätning) på tre andra gallrade bestånd per maskin, totalt nio bestånd. Uppföljningen gjordes på samma tre skördare som ingick i denna studie, men med den skillnad att maskinerna då inte hade tillgång till hprGallring. Denna manuella gallringsuppföljning utfördes på samma sätt som den manuella referensmätningen av de andra 12 bestånden, det vill säga med en objektiv systematisk cirkelyteinventering.

Jämförelser för variabler efter gallring presenterades därefter mellan de nio bestånden från Norra Skogsägarnas gallringsuppföljning mot de 12 andra bestånden. Denna jämförelse gjordes för att få en uppfattning om gallringarna blev bättre utförda enligt Norra Skogsägarnas gallringsinstruktion då maskinförarna hade automatisk gallringsuppföljning i maskinerna under gallringsutförandet. De variabler som jämfördes var grundyta före och efter gallring (m^2/ha), ÖH (m), gallringsstyrka (%) och gallringskvot. Ett parat t-test gjordes därefter för att undersöka om det fanns en statistiskt signifikant skillnad med att färre bestånd gallrades för hårt enligt Norra Skogsägarnas gallringsmallar när hprGallring användes i maskinerna. Även här sattes signifikansnivån till 95 % ($p < 0,05$) (Samuels & Witmer, 2003). Till hjälp användes Minitab 17 (Minitab 17 Statistical Software, 2010).

Vidare redovisades hur resultaten från en maskinuppföljning (hprGallring) kan redovisas dels för en skogsinspektor hos Norra Skogsägarna (i programmet Nova) och en skogsägare (i programmet Mina sidor).

Intervjuer

För att ta reda på hur automatisk gallringsuppföljning fungerar i skördarna genomfördes intervjuer med maskinförarna.

Innan intervjuerna presenterades studiens syfte samt intervjuens tidsåtgång. Enligt Trost (2010) är första kontakten med intervjuaren avgörande intervjuens kvalitet.

Intervjuer kan utföras som kvantitativa eller kvalitativa. Kvalitativa intervjuer handlar förenklat om att förstå agerandet hos människor och hitta mönster i deras handlande samt varför de uppfattar saker på ett visst sätt medan kvantitativa intervjuer främst behandlar siffror (Trost, 2010). Därför valdes kvalitativa intervjuer i detta arbete.

Trost (2010) rekommenderar att intervjuerna handlar om samma saker och täcker samma område, det vill säga att intervjuerna är strukturerade. Därför upprättades en intervjuguide som även fungerade som en lista med frågeområden. Resultatet från fältarbetet var utgångspunkten för intervjuguiden (Bilaga 1).

Tre maskinförare (en per skördare) med olika lång erfarenhet inom yrket intervjuades via telefon. Varje intervju tog cirka 20 minuter och samtliga responderade på alla ämnen. Intervjuerna bearbetades därefter och låg sedan till grund för en sammanfattning av förarnas åsikter om automatisk gallringsuppföljning och programmet hprGallring.

Resultat

Materialöversikt

De 12 studerade bestånden växte i samtliga fall på $SI \geq T20$ samt $SI \geq G22$. Dessa bestånd hade en medelstam under $0,10 \text{ m}^3\text{fub}$, vilket också var målsättningen före datainsamlingen (Bilaga 3). För de 9 andra bestånden varierade SI mellan T18-T22 och G26-G28 (Bilaga 4).

Jämförelse mellan bestandsvariabler för de 12 bestånden

Jämförelse mellan de två inventeringsmetoderna för de 12 bestånden visade överlag en god överensstämmelse. Den systematiska avvikelser efter utför gallring var minst för ÖH, 1,3 %, och det fanns en tendens att den beräknade ÖH utifrån skördardatat (hprGallring) generellt överskattades en aning för de inventerade bestånden (Tabell 2).

Gallringskvoten beräknad från skördardata var snarlik den gallringskvot som uppmättes manuellt, där den systematiska avvikelser var 2,5 % (Tabell 2). Variationen för den manuellt uppmätta gallringskvoten var 0,74 – 0,86. 67 % av det studerade materialet utfördes som låggallring (gallringskvot $\leq 0,80$).

De uppmätta gallringsstyrkorna varierade mellan 26 och 44 % för fältvärdena medan gallringsstyrkan prognostiserat med skördardatat hade en något mindre variation, 28 till 39 %. För bestånd där lövandelen var ≥ 15 % fanns en tendens att gallringsstyrkan överskattades för skördarprognosen i jämförelse med de manuellt mätta värdena.

Den grundtytvägda medeldiametern i det material som studerades var något högre för skördarprognosen, där den systematiska avvikelser uppgick till cirka 3,2 % (Tabell 2).

För samtliga bestånd var den genomsnittliga systematiska avvikelser mellan uppmätt värde i fält och beräknad grundtyta 4,0 % och det fanns en tendens att grundtytan beräknad från skördarprognosen underskattades. Standardavvikelsen för grundtytan efter gallring beräknad från skördardata var $1,9 \text{ m}^2/\text{ha}$ (Tabell 2).

Avvikelsen i volym ($\text{m}^3\text{sk}/\text{ha}$) mellan de två behandlingarna var drygt 7 % (Tabell 2). För två bestånd där volymen efter gallring var låg (mindre än $95 \text{ m}^3\text{sk}/\text{ha}$) överskattades generellt volymen från skördarprognosen.

För stamantalet förekom det en systematisk överskattning då det beräknades från skördardatat, där överskattningen uppgick till 143 stammar/ha (Tabell 2). På enskilda bestånd kunde det dock skilja uppemot 350 stammar/ha mellan skördarprognosen och resultatet från fältmätningen. I detta fall var standardavvikelsen beräknat från skördardatat 190 stammar/ha. Ett parat t-test visade att stamantalet/ha beräknat från skördardata var signifikant högre än motsvarande värde som uppmättes manuellt i fält ($p\text{-värde} < 0,05$).

För de övriga beståndsvariablerna som jämfördes urskiljdes ingen statistiskt signifikant skillnad (p -värde $> 0,05$) (Tabell 2).

Tabell 2. Genomsnittliga värden för kvarvarande bestånd efter gallring prognostiserat med skördardata (HprGallring) och manuellt referensmätta värden i fält (Manuell ref.). Standardavvikelsen är uttryckt som avvikelsen från medelvärdet beräknat från skördardatat (S_S) samt från de manuellt uppmätta värdena i fält (S_M). Där signifikanta skillnader uppvisades mellan behandlingarna visas detta med en asterisk (*)

Table 2. Average values for the remaining stands after thinning, estimated from harvest data (HprGallring) and manually measured values in the fields (Manuell ref.). The standard deviation is expressed as a deviation from the mean calculated from harvests data (S_S) and from the manually measured values in the fields (S_M). Significant differences between the two treatments are indicated with an asterisk ()*

Variabel	HprGallring	Manuell ref.	Systematisk avvikelse (%)	S_S	S_M
ÖH (m)	15,7	15,5	1,3	1,1	1,0
H _{gv} (m)	14,9	15,2	-2,0	1,4	1,1
Gallringskvot	0,79	0,81	-2,5	0,03	0,04
Gallringsstyrka (%)	30,2	31,4	-2,7	3,4	4,2
D _{gv} (mm)	195	189	3,2	10,1	8,1
Grundyta (m ² /ha)	17,2	17,9	-4,0	1,9	2,1
Volym (m ³ sk/ha)	135	126	7,1	15,3	13,3
Stammar (st/ha)	923*	780*	18,3	190	172

Trädslagsfördelning

De tre redovisade trädslagen hade en procentuell avvikelse från tre till nio procentenheter (Tabell 3). För enskilda bestånd förekom däremot större variationer. På 9 av de 12 bestånden var överensstämmelsen god mellan skördarprognosen och uppmätt värde i fält, där avvikelsen för de enskilda trädslagen låg inom +/- 15 %.

På ett bestånd noterades en statistiskt signifikant skillnad (p -värde $< 0,05$) mellan skördarprognosen och den manuella mätningen i fält. För detta bestånd beräknades lövandelen till drygt 40 % utifrån skördarprognosen medan den manuella referensmätningen bestämde andelen löv till cirka 10 %.

Tabell 3. Trädslagsfördelning efter gallring prognostiserat med skördardata (HprGallring) och manuellt uppmätt värde i fält (Manuell ref.). Trädslagsfördelningen visar den genomsnittliga procentuella andelen av total volym för de 12 bestånden. Spridningsmått för de olika trädslagen redovisas även.

Table 3. Species composition after thinning estimated from harvests data (HprGallring) and manually measured value in the field (Manuell ref.). The species distribution shows the average percentage of the volume of the 12 stands. Distribution measurements for the different species are also reported.

	Tall (%)	Gran (%)	Löv (%)	Tall min (%)	Tall max (%)	Gran min (%)	Gran max (%)	Löv min (%)	Löv max (%)
HprGallring	61	21	18	42	75	14	37	8	41
Manuell ref.	64	27	9	39	70	16	34	5	26

Jämförelse med gallringsmallarnas rekommendationer

Jämförelse med Norra Skogsägarnas manuella gallringsuppföljning för de nio bestånden visade att de studerade variablerna gällande gallringsstyrka, gallringskvot samt grundyta före och efter gallring var högre än för de bestånden som studerades under hösten 2015 (Tabell 4). Grundytan för de kvarvarande bestånden efter gallring var i genomsnitt för de tre maskinerna cirka 2 m²/ha lägre för de 12 bestånden. Även grundytan före gallring var lägre för dessa bestånd (Figur 5). Liknande mönster kunde även ses för variablerna gallringsstyrka och gallringskvot, där resultatet från Norras gallringsuppföljning i genomsnitt var högre än värdena från de bestånd som studerades under hösten (Figur 6 & 7). För ÖH var däremot skillnaden obetydlig (Tabell 4).

Standardavvikelsen för Norras manuella gallringsuppföljning indikerade också en större avvikelse från medelvärdet, där standardavvikelsen för grundytan efter gallring uppgick till 3,2 m²/ha för dessa bestånd medan motsvarande värde för bestånden med hprGallring var 1,9 m²/ha (Tabell 2 & 4).

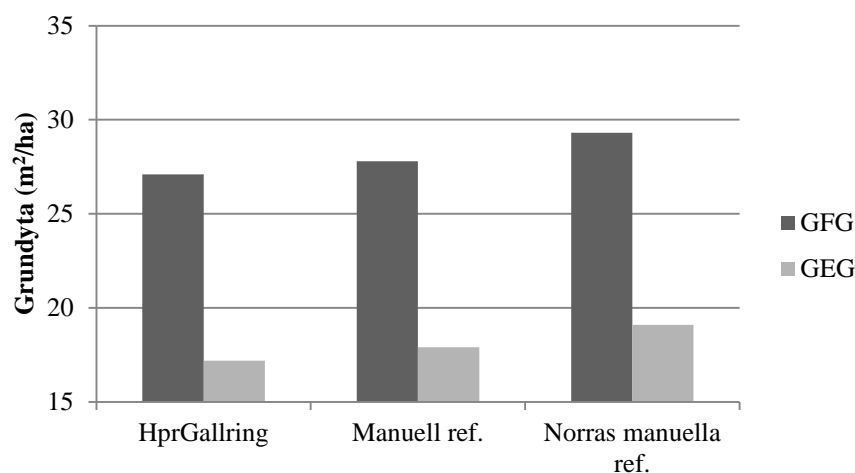
Många av de studerade gallringarna var gallrade relativt hårt, där den manuella referensmätningen på de 12 bestånden visade att grundytan för 42 % av bestånden låg under den nedre begränsningslinjen i Norra Skogsägarnas gallringsmallar för aktuellt SI och ÖH. För skördarprognosen (hprGallring) var däremot endast 25 % av bestånden under den nedre begränsningslinjen medan drygt hälften (56 %) av de 9 bestånd Norra Skogsägarna gjorde en manuell gallringsuppföljning på hade en grundyta som låg under den nedre begränsningslinjen.

Ett parat t-test visade att det fanns en statistiskt signifikant skillnad mellan de bestånd som gallrades med eller utan hprGallring, där betydligt färre bestånd med hprGallring gallrades för hårt enligt Norra Skogsägarnas gallringsmallar (p-värde > 0,05).

Tabell 4. Genomsnittliga värden beräknat utifrån skördardata (Hprgallring) och uppmätta värden i fält (Manuell ref.) i jämförelse med Norra Skogsägarnas manuella gallringsuppföljning (Norras manuella ref.) De variabler som analyserades var grundyta före gallring (GFG), grundyta efter gallring (GEG), övre höjd (ÖH), gallringsstyrka och gallringskvot. Standardavvikelsen är uttryckt som avvikelsen från medelvärdet beräknat från skördardatat (S_S), de manuellt uppmätta värdena i fält (S_M) samt Norra Skogsägarnas manuella gallringsuppföljning (S_{Norr})

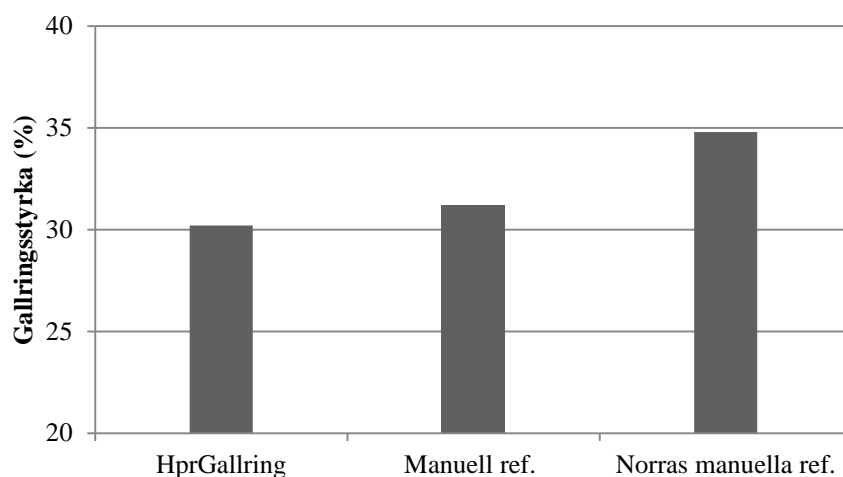
Table 4. Mean values based on data from the harvester (Hprgallring) and measured values in the field (Manuell ref.) in comparison with Norra Skogsägarnas manual inventoried stands (Norras manuella ref.). The variables analyzed were basal area before thinning (GFG), basal area after thinning (GEG), dominant height (OH), thinning strength and thinning ratio. The standard deviation is expressed as a deviation from the mean calculated from harvests data (S_S), the manually measured values in the fields (S_M) and the inventories done by Norra Skogsägarna (S_{Norr})

Variabel	HprGallring	Manuell ref.	Norras manuella ref.	S_S	S_M	S_{Norr}
GFG (m ² /ha)	27,1	27,8	29,3	-	-	-
GEG (m ² /ha)	17,2	17,9	19,1	1,9	2,1	3,2
ÖH (m)	15,7	15,5	15,6	1,1	1,0	0,9
Gallringsstyrka (%)	30,2	31,4	34,8	3,4	4,2	4,2
Gallringskvot	0,79	0,81	0,84	0,03	0,04	0,05



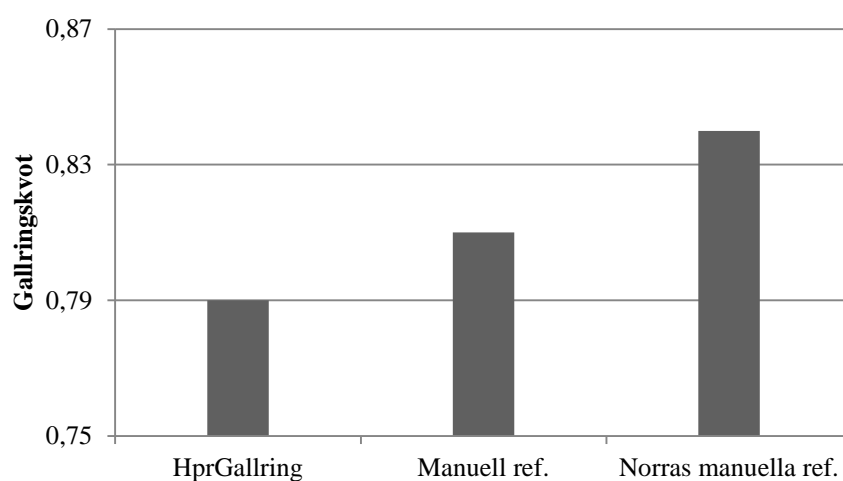
Figur 5. Genomsnittlig grundyta före gallring (GFG) och efter gallring (GEG) beräknat från skördardatat (HprGallring) och den manuella referensmätningen i fält (Manuell ref.) samt värdet från Norra Skogsägarnas manuella gallringsuppföljning (Norras manuella ref.).

Figure 5. Average basal area before (GFG) and after thinning (GEG) calculated from harvest data (HprGallring) and manual measurement in the field (Manuell ref.) and the value for the field inventoried stands (Norras manuella ref.).



Figur 6. Genomsnittlig gallringsstyrka efter gallring beräknat från skördardatat (HprGallring) och den manuella referensmätningen i fält (Manuell ref.) samt värdet från Norra Skogsägarnas gallringsuppföljning (Norras manuella ref.).

Figure 6. Average thinning strength after thinning calculated from harvests data (HprGallring) and manual measurement in the field (Manuell ref.) and the value of the field inventoried stands (Norras manuella ref.).



Figur 7. Genomsnittlig gallringskvot efter gallring beräknat från skördardatat (HprGallring) och den manuella referensmätningen i fält (Manuell ref.) samt värdet från Norra Skogsägarnas gallringsuppföljning (Norras manuella ref.).

Figure 7. Average thinning ratio after thinning calculated from harvests data (HprGallring) and manual measurement in the field (Manuell ref.) and the value of the field inventoried stands (Norras manuella ref.).

Intervjuer med maskinförare

De tre intervjuade skördarförarna har kört mellan 2-12 år för Norra Skogsägarna och två av dem har arbetat för Norra Skogsägarna under hela sin tid som maskinförare.

På frågan hur arbetet upplevdes med den nya programvaran var alla tre maskinförarna positivt inställda till programmet och menar att det underlättar arbetet mycket då man kan följa variablerna från det kvarvarande beståndet direkt i skördardatorn utan att man behöver gå ut i fält och göra en manuell uppföljning.

Samtliga tre maskinförare följde upp arbetet manuellt på varje gallrad trakt. Två av de tre sa att de tog sina provytor helt slumpmässigt, antingen när de kände sig lite osäker då skogen varierade mycket i täthet eller då de helt enkelt behövde en paus i arbetet. Förarnas tillvägagångssätt för att mäta olika variabler, till exempel grundyta, skiljde sig åt då ena föraren stod vid maskinens trappsteg och mätte en halv yta som han sedan multiplicerade med två medan en annan ofta satt kvar i maskinen och antingen mätte eller uppskattade grundytan helt utifrån tidigare erfarenheter. Föraren menade att det var för tidsödande och för dyrt att låta maskinen stå vid egenuppföljningen, varför han ofta gjorde egenuppföljning i maskinen. Den tredje föraren däremot försökte utföra uppföljningen på varje bestånd efter givna instruktioner men menade samtidigt att det viktigaste var att skogsägaren blev nöjd med beståndet efter gallringen oavsett om man gjorde ett för stort eller litet uttag.

Prognosen som ges för den kvarvarande skogen anser samtliga förare vara den centrala delen och den som ägnas mest tid åt att analysera. Uppgifterna om beståndets uttag var av mindre vikt enligt förarna, men däremot ansåg de att det var intressant att följa och att man kunde lära sig något av det.

På frågan om hur ofta programmet uppdaterade data för att generera analyser varierade tiden en del. I början när programmet installerades uppdaterades datat varannan timme för en av förarna, alltför att lära sig om hur programmet fungerade. Efter en tid nöjde sig två av maskinförarna med att uppdateringen skedde en gång per dag medan den tredje föraren hade inställt på att prognoser skulle skapas var åttonde timme.

Samtliga förare ansåg att kartorna var något positivt i programmet. I en av skördarna (Komatsu 911.5) fungerade det däremot inte att ladda in kartorna men föraren menade att de gärna hade fått användas.

Under intervjuerna framkom dock en del problem med programmet, förutom problemet med kartorna. John Deere-skördaren hade problemet att föraren ibland inte kunde se variablerna för det kvarvarande beståndet, vilket eventuellt kan bero på datorns prestanda då den var sju år gammal. Däremot kunde uppgifterna om uttaget alltid ses. Alla tre maskinförarna tyckte även det vore bra om man på något sett i programmet kunde registrera stamskador.

Alla tre maskinförarna trodde att detta program kunde ersätta den manuella gallringsuppföljningen i framtiden. Förarna menade att gallringsuppföljningen är mycket viktig, eftersom det ger bra kännedom om det framtida beståndet. Den största fördelen med programmet enligt förarna var att man sparar in tiden i fält samt att man kunde följa

uppföljningen direkt i datorn och löpande under gallringen. Två av maskinförarna ansåg även att detta program kunde fungera som inlärningsmaterial för nya skördarförare då de kan få återkoppling på avverkningen direkt och lära sig om olika beståndsvariabler. Den tredje föraren var däremot lite tveksam till detta, då han menade att tidigare erfarenheter främst var det man lärde sig av.

Förarnas sammanfattande åsikt om programmet var att det var till stor nytta, framförallt att de sparar tid då stora delar av den manuella uppföljningen kunde rationaliseras bort.

Diskussion

Materialöversikt

Inom ramen för detta arbete studerades 12 bestånd som framförallt berörde kustlandet i Västerbotten och Västernorrlands län, tillsammans med nio bestånd som följdes upp manuellt av sommarjobbare på Norra Skogsägarna. Materialet var representativt för svensk gallringsskog enligt jämförelse avseende beståndsmedelvärden med sammanställningar av data från Riksskogstaxeringen (2015).

Jämförelse mellan bestandsvariabler för de 12 bestånden

För de studerade bestandsvariablerna i denna studie var det överlag små systematiska avvikelser efter utförd gallring, där de manuellt uppmätta värdena i fält jämfördes med motsvarande värden beräknat utifrån skördardatat. Lägst avvikelse hade H_{gv} och \bar{OH} ($\leq 2\%$). \bar{OH} var i genomsnitt 15,5 m utifrån den manuella referensmätningen, vilket även överensstämde bra med värdet från Norras gallringsuppföljning (Tabell 4). Detta följer även Riksskogstaxeringens data (2015) för den genomsnittliga höjden vid förstagallring. Agestam (2009) menar däremot att förstagallringarna i svenskt skogsbruk bör utföras vid övre höjdsintervallet 12-14 m. Data från Möller m.fl. (2015) och Riksskogstaxeringen (2015), tillsammans med denna studie, pekar däremot på att förstagallringarna utförs vid en högre höjd än övre höjdsintervallet 12-14 m. Sena gallringar som utförs vid en högre ålder och höjd har både för- och nackdelar (Agestam, 2009). Fördelen är att en större volym kan tas ut vid gallringen men däremot finns det en omfattande risk att självgallringen ökar samt att tillväxten för de enskilda träden minskar.

Möller m.fl. (2015) visade att standardavvikelsen för grundytan efter gallring var 2,3 m²/ha, vilket betyder att merparten av svensk gallringsskog kommer ligga inom $\pm 2,3$ m²/ha från den verkliga grundytan. För de 12 bestånden som studerades under hösten 2015 låg standardavvikelsen inom detta intervall, vilket visar på en hög noggrannhet när grundytan prognostiseras med skördardata.

Beträffande volymen överskattades den med 7,1 % för skördarprognostiseringen (hprGallring) och då framförallt för bestånd där volymen var låg (Tabell 2). Det finns således en risk att gallringsbestånd med låg volym efter gallring systematiskt överskattas, vilket är ett problem som även belyses av Möller m.fl. (2015). Detta gäller att vara uppmärksam på eftersom det påverkar framtida avverkningsberäkningar.

För stamantalet uppkom även en överskattning då det beräknades från skördardata (Tabell 2). Denna koppling kunde dock inte ses för bestånd med låg volym. Stamantalet var också den variabel som enskilt hade störst standardavvikelse och uppvisade dessutom en statistisk signifikant skillnad mellan värdet beräknat med hprGallring och värdet från den manuella referensmätningen. Precisionen för stamantalet i framtida program bör således kunna förbättras (Tabell 2).

Trädslagsfördelningen hade generellt en god överensstämmelse för de flesta bestånden. Lövandelen för de 12 bestånden som beräknades utifrån hprGallring var däremot 9 % högre i jämförelse med den manuella referensmätningen. Detta kan delvis bero på att det var många klena björkar som togs ut, varför kanske hprGallring överskattade lövandelen.

Större avvikelser kunde däremot ses för bestånd där gallringsuttaget var kraftigt inriktat mot ett specifikt trädslag och där trädslagsfördelningen före gallring skiljde sig mycket mot trädslagsfördelningen efter gallring. Liknande problem kunde även ses i studien av Möller m.fl. (2015) och visar på programmets svaghet när uttaget riktas mot ett visst trädslag. Ytterliggare ett exempel på detta problem visade sig i mitt fall för ett bestånd där lövandel skiljde sig med nära 30 % -enheter mellan hprGallring och den manuella mätningen i fält. Detta visar på att programmet har förbättringspotential vid riktade trädslagsuttag. För bestånd där lövandelen var ≥ 15 % fanns det dessutom en tendens att gallringsstyrka överskattades för skördarprognosen i jämförelse med de manuellt mätta värdena. Detta bör man vara observant på vid liknande bestånd där det förekommer en hög lövandel.

Vid speciella skötselformer, såsom plockhuggning och blädning i tätortsnära skogar, finns även svagheter där uttaget är riktat mot vissa trädslag och en viss diameterklass. För dessa bestånd bör uppföljningen även i framtiden utföras manuellt.

Jämförelse med gallringsmallarnas rekommendationer

Norra Skogsägarna har poängterat att felaktiga gallringsåtgärder kan göra att markens produktionsförmåga inte tas tillvara fullt ut, vilket kan ge avvikelser från avverkningsprognoserna vid slutavverkning. Detta är en följd av att gallringsmallarna inte följs till punkt och pricka. Därför gjordes analyser i Norra Skogsägarnas gallringsmallar för att undersöka hur stor del av de gallrade bestånden som hade ett för stort grundyteuttag, där grundytan efter gallring låg under den nedre begränsningslinjen. När grundyteuttaget för de bestånd som inventerades under hösten 2015 analyserades i gallringsmallarna användes trädåldern som registrerades vid den manuella uppföljningen i fält med hjälp av tillväxtborr.

Resultatet visade att 25 % av de gallrade bestånden med hprGallring var gallrade för hårt enligt gallringsmallen. För motsvarande bestånd där datat samlades in via manuell referensmätning var däremot 42 % av bestånden för hårt gallrade enligt gallringsmallen. Detta kan delvis bero på att ståndortsindex (SI) var i genomsnitt underskattad utifrån de traktdirektiv som skördarförarna utgick ifrån vid bedömning av uttaget utifrån gallringsmallarna. På 4 av de 12 bestånden bedömdes SI till 2 meter högre utifrån den uppföljning som utfördes i fält (från T22 till T24 för tre av dessa fyra bestånd). Denna underskattning resulterade i att samma grundyteuttag ledde till ett för högt uttag i gallringsmallen.

Vikten av ett bra traktdirektiv, där SI är skattat rätt, blir således en nyckelfaktor i detta fall. Även om förarna gör rätt uttag i förhållande till det SI som är beskrivet i traktdirektivet är risken stor att uttaget är för stort om SI i traktdirektivet är underskattat med ett antal meter. Underskattningen av SI beror delvis på att SI för traktdirektiven skattas via ståndortsfaktorer, där ingen hänsyn tas till att dagens skogsgeneration planterades med förädlade plantor med en högre tillväxt, medan SI utifrån klaven skattas med

höjdtutvecklingskurvor (Hägglund, 1979; Elfving, 1994; Anerud, 2003; Gunnarsson & Gustavsson, 2013). Ett högre SI innebär att man ej bör gallra lika hårt, det vill säga grundyteuttaget ska vara lägre. Om förarna har gjort ett för högt grundyteuttag på ett redan underskattat SI får detta stor effekt och leder till framtida tillväxtförluster (Agestam, 2009; Ekskär, 2015).

För de bestånd som praktikanterna på Norra Skogsägarna gjorde manuell gallringsuppföljning på hade dock 56 % av bestånden ett gallringsuttag som låg under den nedre begränsningslinjen i gallringsmallen. Detta visar ändå på att programmet hprGallring har en positiv effekt och minskar risken att maskinföraren gör ett för hårt uttag enligt gallringsmallen.

De hårda gallringsuttagen medför ekonomiska förluster på lång sikt för skogsägaren i och med att det uppstår produktionsförluster (Järlesäter, 2014). Den generellt höga gallringsstyrkan i denna studie (Figur 6) är i linje med de resultat som Möller m.fl. (2015) och Riksskogstaxeringen (2015) redovisar. Detta resultat visar än en gång på den trend som sker i svensk gallringsskog, nämligen att gallringsstyrkan blir allt högre.

De bestånd som inventerades under hösten 2015 och som hade gallrats för hårt enligt gallringsmallen hade redan före gallringen generellt en låg grundyta där gallringsbehovet var aningen tveksamt med hänvisning till gallringsmallen. Detta indikerar att det inte bara är gallringens genomförande som har betydelse för gallringsresultatet, utan även grundytan i utgångsbeståndet. Således vore det önskvärt att kunna få se grundytan före gallringen och gallringsuttaget i gallringsmallen direkt i maskinen, vilket diskuteras nedan.

En av programmets svagheter är i områden med heterogen skog där stora luckor förekommer samt där gallringsbehovet är litet. Att undanta små områden som inte ska gallras bör prioriteras i och med att det medför säkrare indata till programmet och att skötseln därför förbättras. Vikten av ett bra traktedirektiv är således hög för att maskinförarna ska kunna göra en bra gallring.

Automatisk överföring till avdelningsregister

För Norra Skogsägarnas medlemmar medför det nya programmet stora fördelar då de kan få sina skogsbruksplaner uppdaterade för de gallrade bestånden. I en studie av Person (2000) visade det sig att 75 % av de tillfrågade skogsägarna ville få sin skogsbruksplan uppdaterad. Detta visar på en stor efterfrågan från markägare. I dagsläget är återföring av data från hprGallring till skogsbruksplaner möjligt att göra på manuell väg. Om man vill behålla sin existerande beståndsindelning kan man uppdatera planen genom att markera flera prognos-/beräkningsytor i hprGallring och således av programmet få aggregerad information om dessa ytor som sedan kan föras in i skogsägarens skogsbruksplan.

I framtiden är målet att automatisera återföringen av beståndsuppgifter till skogsbruksplaner, vilket kräver vidare utvecklingsarbete. Vem som kommer att leda detta utvecklingsarbete är i dagsläget oklart. Då Skogforsk har tagit fram hprGallring, så ligger det nära till hands att de på något sätt kommer vara inblandade i detta utvecklingsarbete.

Om, och i så fall hur, Norra Skogsägarna ska ta emot det återrapporterade beståndsdatat är i dagsläget inte bestämt.

Hur själva återföringen av beståndsuppgifter ska fungera är en central fråga i detta fall. De företag som tidigare varit engagerade i utvecklingen av automatiserad gallringsuppföljning jobbar i dagsläget med ett projekt att återföra beståndsuppgifter automatiskt från resultatet i hprGallring. Arbetet bedrivs först och främst för att få erfarenheter och insikt om hur man vill att återföringen ska ske. Projektet kommer att avslutas under våren 2016, där Skogforsk kommer att sammanställa erfarenheterna från detta projekt. Mitt förslag är att Norra Skogsägarna bör ta del av dessa erfarenheter.

En nyckelkomponent i arbetet kring återföring blir att standardisera den information som används i skogsbruksplaner. Detta för att variabler, begrepp och format ska samordnas så att behovet av konvertering av data minskar vid återföringen.

Nästa utvecklingssteg blir således att uppdatera avdelningsregistren direkt från skördaren, där de privata skogsägarnas skogsbruksplaner kan uppdateras direkt efter avverkningsåtgärden. Detta kommer från början troligen inte ske helautomatiskt, utan förslagsvis att uppdateringarna av registren godkänns av någon som kontrollerar resultaten innan själva överföringen av beståndsuppgifterna förs över till skogsbruksplanen.

Framtida studier för hprGallring

De maskinförare som ingick i denna studie var enstämmigt positivt inställda till programmet och såg fördelar med att stora delar av den manuella fältmätningen kunde rationaliseras bort. De maskinförare som deltog i studien av Möller m.fl. (2015) pekade även på programmets smidighet, där de direkt kunde få reda på data om det kvarvarande beståndet. Förarna menade vidare att programmet ökade kvaliteten på uppföljningen, där även resultatet från denna studie visade att Norra Skogsägarnas gallringsmallar följs bättre med hprGallring och således erhålls en bättre kvalitet på gallringarna. Kvaliteten efter gallring är även något som de privata markägarna värderar högt (Persson, 2000; Sirén, 2001) och ett program som hprGallring kan således anses vara efterfrågad, både från maskinförare och skogsägare.

De intervjuade maskinförarna i denna studie menade även att hprGallring är ett program som kunde fungera som stöd för inläring och färdighetsträning för nya skördarförare då de kan få återkoppling på avverkningen direkt. Detta gör att de kan få kunskap om programmet och lära sig mer om de olika beståndsvariablerna, som i längden kan leda till en bättre utförd gallring.

Programmet gör även en nyindelning av beståndet utifrån ÖH. I framtiden kan denna beståndsindelning appliceras i skogsägarens skogsbruksplan, vilket skulle underlätta uppdateringen av beståndsuppgifterna.

HprGallring, eller någon vidareutveckling av det, kommer troligen att appliceras i allt fler skördare runt om i landet, där programmet ger värdefulla kunskaper och medför även att förarna kvalitetssäkrar sig själva. Framtidens skördare kommer även kunna registrera kranvinkeln vilket medför att man vet vilka träd som avverkas i och mellan stickvägarna.

Dessa beräkningar bygger på antagandet att medeldiametern för utgallrade träd i stickväg motsvarar medeltalet för hela beståndet före gallring, där stickvägarna således fungerar som stora provytor. Skogforsk ska vidareutveckla programvaran och testa systemet med kranvinkeln innan det kommer i praktisk drift.

Nordkvist & Olsson (2013) visade att bestånd som har ett högt gallringsbehov kan identifieras med hjälp av laserdata. I en studie av Naesset (2007) skattades vanliga skogliga parametrar med laserdata och resultatet visade att skattningen för till exempel grundyta och volym låg i nivå med resultatet från denna studie och studien av Möller m.fl. (2015). Indatat i hprGallring kunde därför med fördel kombineras med laserdata för att beskriva det kvarvarande beståndet, vilket skulle ge en än högre precision. Laserdata skulle även kunna beskriva beståndet före gallring i form av exempelvis ett shape-skikt.

Det vore en fördel om maskinförarna kunde följa grundyteuttaget i gallringsmallen för aktuellt SI och ÖH direkt i maskinen, eller i någon form av tabell där det tillåtna grundyteintervallet anges för aktuellt ÖH och SI. Till detta behövs även trädens ålder, där förslagsvis ett ålderskikt skulle kunna komplettera detta.

Denna studie tillsammans med Möller m.fl. (2015) visar att hprGallring har en svaghet vid bestånd som redan före gallringen har en relativt låg volym och även vid gallringar där det förekommer ett riktat trädslagsuttag. Framtida forskning bör eftersträva en förbättring inom detta område. Framtida programversioner bör även eftersträva en förbättring vid skattning av stamantalet samt att kunna redovisa stamskador, något som i dagsläget inte redovisas.

Styrkor och svagheter med studien

Ståndortsindex för de 12 studerade bestånden låg kring T22, vilket utgör 4 % av all produktiv skogsmarksareal i Norra Norrland (Skogsstyrelsen, 2014b), där en stor del av Norra Skogsägarnas verksamhetsområde är knuten. I Västernorrland, där 8 av de 12 maskinbestånden studerades, förekommer dock T22 på 31 % av all produktiv skogsmarksareal (Skogsstyrelsen, 2014b) vilket gör att resultaten från denna studie bör vara relativt representativt för en stor del av Norra Skogsägarnas produktiva skogsmarksareal. För de nio bestånden där gran dominerade låg dock SI kring G27 (Bilaga 4). Detta ska däremot inte ha någon betydelse då resultatet från hprGallring ej ska påverkas av olika SI.

Samtliga bestånd inventerades på samma sätt, där objektiva ytor placerades ut. En del felkällor kan dock ha förekommit, bland annat att ett antal stubbar missades vid den manuella mätningen i fält på grund av avverkningsrester som skymde dessa. I vissa fall när stubbarna var sönderkörda blev det även svårt att bestämma stubbarnas diameter och trädslag.

Två bestånd som från början var tänkt att ingå i studien fick väljas bort på grund av att andelen snöbrott var för hög. Bestånden var lokaliserade i Västernorrlands inland och hade dessa bestånd ingått i studien hade även inlandet varit representerat.

Den manuella referensmätningen kan även innehålla felkällor, såsom mätfel och fel vid knapptryckning i klaven. De värden som förts över från klaven verkar dock rimliga och inga stansningsfel har upptäckts.

Styrkor med studien är att programmet har testats på tre maskiner med olika fabrikat. Däremot har datat från gallringarna slagits ihop för de tre maskinerna. Detta kan innebära att man missar att maskinföraren i sig kan ha påverkat gallringen. För två av de tre skördarna utfördes gallringen dessutom av två olika förare på varje maskin, vilket i sig är en felkälla då olika förare gallrar olika. Detta hade dock kunnat lösas genom att analysera datat från varje hpr-fil, där man kunnat få fram vilken förare som utförde gallringen under en vis tidpunkt.

Slutsatser

- **Beståndsvariabler:** De beståndsvariabler som genereras från hprGallring har en god överensstämmelse med den manuella referensmätningen på motsvarande bestånd. Programmets tillförlitlighet är generellt mycket god men har fortfarande vissa brister när det gäller gallringsbestånd där det förekommer ett riktat trädslagsuttag samt i glesa bestånd med låg volym där det finns en risk att volymen prognostiserat av skördardata överskattas.
- **Gallringsmallar:** Med det nya programmet följer skördarförarna Norra Skogsägarnas gallringsmallar bättre. Förarna menar även att kvaliteten på uppföljningen och gallringen blir bättre i och med att de kan följa prognosen för den kvarvarande skogen löpande under gallringen.
- **Automatisk gallringsuppföljning:** De möjligheter som beslutstödet medför är framförallt att stora delar av den manuella uppföljningen kan rationaliseras bort, då det nya programmet medför direkt återkoppling till förarna.
- **Avdelningsregister:** Nästa steg blir att markägarnas skogsbruksplaner kan uppdateras automatiskt direkt efter utförd gallring. Detta kommer troligen först ske halvautomatiskt, där en person först kontrollerar och godkänner resultatet.
- **Manuell gallringsuppföljning:** Utifrån resultatet från denna studie tillsammans med maskinförarnas positiva kritik om programmet tror jag att hprGallring kommer att användas i allt fler skördare runt om i landet och att det så småningom ersätter den manuella gallringsuppföljningen i framtiden. Undantag finns dock i heterogena bestånd och blädningar i tätortsnära skogar där manuell uppföljning fortfarande krävs för att erhålla en hög precision.

Referenser

- Agestam, E. (2009) Skogsskötselserien - Gallring. Tillgänglig [Online]: <http://www.skogsstyrelsen.se/Global/PUBLIKATIONER/Skogsskotselserien/PDF/07-Gallring.pdf> [2015-09-03]. 83 s.
- Anerud, E. (2003) Kalibrering av ståndortsindex i ett beståndsregister – en studie åt Holmen Skog AB. Institutionen för skoglig resurshushållning och geomatik, Sveriges Lantbruksuniversitet. Umeå. Arbetsrapport 105.
- Användarmanual, Haglöf (2014) Estimate Pro. En applikation för Digitech Professional. Haglöf Sweden.
- Bergkvist, I. & Staland, F. (2003) Gallra med kvalitet.Handledning. SkogForsk. Uppsala. 32 s. ISBN: 91 7614 104 7
- Bredberg, C.-J. (1972) Typbestånd i förstagallring. Institutionen för skogsteknik, Skogshögskolan. Stockholm. Rapporter och Uppsatser, nr 55. 42 s.
- Bylund, A. (2008) En analys av SCA Skog AB`s metod för egenuppföljning av gallring. Institutionen för skogens ekologi och skötsel, Sveriges Lantbruksuniversitet. Umeå. 58 s.
- Eid, T. (2000) Use of uncertain inventory data in forestry scenario models and consequential incorrect harvest decisions. *Silva Fennica*, 34 (2), 89-100. Artikel id:633 <http://dx.doi.org/10.14214/sf.633>
- Ekskär, Hampus. (2015) Undersökning av SCA Skogs gallrade skogar med hjälp av laserskanning. Sveriges Lantbruksuniversitet. Skinnskäteberg. Examensarbete 2015:23.
- Elfving, B. (1994) Analyser av bonitering med ståndortsfaktorer, grundade på rikstax-data från 1983-1986. Institutionen för skogsskötsel. Sveriges Lantbruksuniversitet. Umeå. Arbetsrapporter Nr 75. 21 s.
- Fugawi (2015) Sverige-karta. Tillgänglig [Online]: http://www.fugawi.com/web/images/products/imap/coverage_fugawi-imag-sv_hr.jpg [2015-12-14]
- Gunnarsson, E. & Gustavsson, O. (2013) En utvärdering av hur olika metoder i Skogshögskolans boniteringssystem påverkar skattningen av ståndortsindex. Institutionen för skogens ekologi och skötsel, Sveriges Lantbruksuniversitet. Umeå. 19 s.
- Hägglund, B. (1979) Ett system för bonitering av skogsmark – analys, kontroll och diskussion inför praktisk tillämpning. Skogsvetenskapliga fakulteten. Sveriges Lantbruksuniversitet. Umeå. Projekt HUGIN. Rapport nr 14. 188 s.
- Hynynen, J. (1995) Predicting the Growth Response to Thinning for Scots Pine Stands Using Individual-Tree Growth Models. *Silva Fennica*, 29 (3), 225-246. DOI: 10.14214/sf.a9210

Järlesäter, M. (2014) Effekter av låg grundyta efter förstagallring utförd i praktiska bestånd. Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap, Sveriges Lantbruksuniversitet. Alnarp. Nr. 233. 36 s.

Kunskap direkt. (2015) Gallra. Tillgänglig [Online]:
<http://www.kunskapdirekt.se/sv/KunskapDirekt/Gallra/Gallringens-grunder/Varfor-gallra/>
[2015-10-03].

Larsson, M. (1994) Betydelsen av kvaliteten i skogliga avdelningsdata för skattningar av volymtillväxt och inoptimalförluster – En studie av norrländska slutavverkningsavdelningar. Institutionen för biometri och skogsindelning, Sveriges Lantbruksuniversitet. Umeå. Rapport 26. 73 s.

Lindström, F. & Olbers, A. (2009) Analys av linjetaxering i samband med gallringsinventering med avseende på kvalitet. Examensarbete vid Skogsmästarprogrammet. Sveriges Lantbruksuniversitet. Skinnskatteberg. 41 s.

Liziniewicz, M (2014) Influence of spacing and thinning on wood properties in conifers plantations. Doktorsavhandling. Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap, Sveriges Lantbruksuniversitet. Alnarp. 62 s. ISBN:978-91-576-7931-4

Minitab 17 Statistical Software, (2010) [Computer software]. State College, PA: Minitab, Inc. (www.minitab.com).

Mäkinen, H. & Isomäki, A. (2004) Thinning intensity and growth of Scots one stands in Finland. Forest Ecology and Management. Volym 201, 311-325.
DOI:10.1016/j.foreco.2004.07.016

Möller, J.J. Hannrup, B & Bhuiyan, N (2011a) Utvärdering av ett system för beräkning och återföring av skördarbaserad information till skogliga register och planeringssystem. Arbetsrapport 757, Skogforsk. 77 s. ISSN: 1404-305X

Möller, J.J. Arlinger, J. Barth, A. Hannrup, B & Bhuiyan, N (2011b) Ett system för beräkning och återföring av skördarbaserad information till skogliga register- och planeringssystem. Arbetsrapport 756, Skogforsk. 61 s. ISSN: 1404-305X

Möller, J.J. Hannrup, B. & Bhuiyan, N. (2015) Rikstäckande utvärdering av ett system för automatiserad gallringsuppföljning. Arbetsrapport 857, Skogforsk. 62 s. ISSN: 1404-305X

Naesset, E. (2007) Airborne laser scanning as a method in operational forest inventory: Status of accuracy assessments accomplished in Scandinavia. Scandinavian Journal of Forest Research, 22, 433–442. DOI: 10.1080/02827580701672147

Nilsson, U. Agestam, E. Ekö, P-M. Elfving, B. Fahlvik, N. Johansson, U. Karlsson, K. Lundmark, T. & Wallentin, C. (2010) Thinning of Scots pine and Norway spruce monocultures in Sweden – Effects of different thinning programmes on stand level gross- and net stem volume production. Studia forestalia Suecica. Nr 219. 1–46 ISBN: 978-91-86197-76-6

- Nordberg, M. (1987) Uppföljning av gallring.Handledning. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten, Oskarshamn. 20 s. ISBN: 91-7614-054-7
- Nordkvist, K. & Olsson, H. (2013) Laserskanning och digital fotogrammetri i skogsbruket. Institutionen för skoglig resurshushållning, Sveriges Lantbruksuniversitet. Umeå. Arbetsrapport 388.
- Nordström, M. Möller, J. J. Larsson, W. & Arlinger, J. (2009) Skördardata ger värdefull information om skogen. Skogforsk. Resultat nr 10. 4 s. ISSN: 1103-4173
- Norra Skogsägarna (2007) Gallringsriktlinjer & gallringsmallar. Umeå. Norra Skogsägarna [Broschyr]
- Norra Skogsägarna (2014) Årsberättelse 2014. Umeå. Norra Skogsägarna [Broschyr]
- Norra Skogsägarna (2015a) Norra Skogsägarna, föreningshistorik Tillgänglig [Online]: <http://www.norra.se/omnorra/foreningen/Vision%20och%20affarside/Sidor/default.aspx> [2015-09-08]
- Norra Skogsägarna (2015b) Norra Skogsägarna, virkesområden. Tillgänglig [Online]: <http://www.norra.se/kontakt/virkesomraden/Pages/default.aspx> [2015-09-08]
- Norra Skogsägarna (2015c) Instruktioner till Gallringsuppföljning. Umeå. Norra Skogsägarna.
- Nykänen, M.-L., Peltola, H., Quine, C., Källomäki, S. & Broadgate, M. (1997) Factors affecting snow damage of trees with particular reference to European conditions. *Silva Fennica* 31 (2), 193-213.
- Persson, A. (2000) Gallring med kvalitet- skogsägarens syn på gallring. Institutionen för skogshushållning, Sveriges Lantbruksuniversitet. Uppsala. Examensarbete 2000:11. 40 s.
- Riksskogstaxeringen. (2015) Skogsdata. Aktuella uppgifter om de svenska skogarna från Riksskogstaxeringen. Uppsala. 2015. ISSN: 0280 – 0543.
- Samuels, M. L. & Witmer, J. A. (2003) Statistics for the life Sciences, USA, Pearson Education, Inc. New Jersey. Tredje upplagan. ISBN: 0-13-041316-X
- Sirén, M. (2001) Tree Damage in Single-Grip Harvester Thinning Operations. *Journal of Forest Engineering*, 12 (1), 29-38. DOI:10.1080/08435243.2001.10702760
- Skogforsk. (2010) Användarmanual till INGVAR. Tillgänglig [Online]: <http://www.skogforsk.se/produkter-och-evenemang/verktyg/ingvar/> [2015-11-10]
- Skogsordlistan. (1994) Forestry vocabulary: sv-en-de-fi. Sveriges Skogsvårdsförbund och Tekniska Nomenklaturcentralen (TNC). Nr. 96. Solna. 518 s. ISBN: 91-7196-096-1

Skogsstyrelsen. (2013) Gallringskvot. Tillgänglig [Online]: <http://www.kunskapdirekt.se/sv/kunskapdirekt/Gallra/Gallringsprogram-och-stamval/Gallringskvot/> [2015-10-03].

Skogsstyrelsen. (2014a) Skogsvårdslagstiftningen, gällande regler 1 juni 2014. Skogsstyrelsens förlag. Jönköping.

Skogsstyrelsen. (2014b) Skogsstatistisk årsbok 2014. Skogsstyrelsens förlag. Jönköping.

Skogsstyrelsen. (2015) Gallringsmallar norra Sverige. Tillgänglig [Online]: <http://www.skogsstyrelsen.se/Global/PUBLIKATIONER/Flippkatalog/Bocker/Gallringsmallar%20norra%20Sverige/index.html#/4/zoomed> [2015-10-03].

Ståhl, G. (1992) En studie av kvalitet i skogliga avdelningsdata som insamlats med subjektiva inventeringsmetoder. Institutionen för biometri och skogsindelning, Sveriges Lantbruksuniversitet. Umeå. Rapport 24. ISSN: 0349-2133

Thor, M. Eriksson, I. & Mattsson, S. (1996) Automatisk datainsamling i maskinen – för förarstöd och uppföljning. Resultat från Skogforsk, nr 19. 4 s.

Trost, J. (2010) Kvalitativa intervjuer. Studentlitteratur, Lund. 165 s. ISBN: 978-91-44-06216-7

Valinger, E., Lundqvist, L. & Brandel, G. (1994) Wind and snow Damage in a thinning and fertilization experiment in *Pinus sylvestris*. Scandinavian Journal of Forest Research 9, 129-134. DOI: 10.1080/02827589409382822

Wilhelmsson, E. (2013) Objektiv systematisk cirkelyteinventering. Instruktion. Institutionen för skoglig resurshushållning. Sveriges Lantbruksuniversitet. Umeå. 16 s.

Åneklint, A. (1999) Kvalitetssäkring i gallring- en praktisk metod för att kontrollera resultatet av gallringsarbete. Skogsmästarskolan, Sveriges Lantbruksuniversitet. Skinnskatteberg. Examensarbete 1999:13.

Personlig kommunikation

Broman, Nils. Skogschef. Norra Skogsägarna. 2016-01-21.

Lageson, Håkan. Produktionschef. Norra Skogsägarna. 2015-10-27.

Foto, Framsida

Guldbrand, Gunilla. Tillgänglig [Online]: <http://www.guldbrand.com> [2016-02-09].

Bilaga 1. Intervjuguide

Syfte, intervjuupplägg, respondentens rättigheter, publicering

Inledning

- Hur länge har du arbetat som maskinförare och hur många år av dessa inom Norra Skogsägarna?

Arbetssituationen

- Hur upplever du ditt arbete nu när den nya programvaran används?
- Hur ofta utförde du manuell gallringsuppföljning tidigare, innan programvaran var installerad i skördaren?
- Upplever du att produktionen kan hållas på en högre nivå med den nya programvaran?

Programfunktioner

- Har du nytta av prognos ”kvarvarande skog”?
- Har du nytta av uppgifterna ”uttag”?
- Hur ofta uppdaterar du data?
- Har du testat kartor och behövs dem?

Problem

- Vad är nackdelarna med programmet? Saknas något eller är det något som inte fungerar?

Framtidsmöjligheter

- Tror du att detta program kan ersätta den manuella gallringsuppföljningen?
- Kan detta program fungera som inlärningsmaterial i skördaren för nya förare, det vill säga att de får en bättre bild av olika beståndsvariabler för det kvarvarande beståndet?

Tack för att Du tog Dig tid att svara på mina frågor!

/Olof

Bilaga 2. Skördare som användes i datainsamlingen

Tabell 5. Förteckning av område, de skördare och apteringsdatorer som användes i datainsamlingen

Table 5 . List of sites, harvesters and bucking computers used for data collection

Företag	Område	Basmaskin	Apteringsdator
Norra Skogsägarna	Södra Västerbotten	Komatsu 911.5	MaxiXplorer
Norra Skogsägarna	Norra Ångermanland	Rottne H8	Dasa Forester
Norra Skogsägarna	Södra Ångermanland	John Deere 770 D	Timbermatic

Bilaga 3. Beståndsuppgifter för de 12 gallrade bestånden med hprGallring

Tabell 6. Skördarmodell, fastighetsnamn, antalet uppföljda bestånd (N), SI samt medelstam (från trakt Direktivet) för de bestånd som ingick i studien

Table 6. Harvester model, property name, action (1st or 2nd thinning), the number of stands (N), SI and the average stem (from the tract directive) for the stands included in the study

Skördare	Fastighet	N	SI	Medelstam (m ³ fub)
Rottne H8	Örnsköldsvik Sönersta 1:3	3	T22	0,080
Rottne H8	Örnsköldsvik Banafjäl 10:1	1	T22	0,090
John Deere 770 D	Örnsköldsvik Sidensjö-Ås 3:4	1	G22	0,050
John Deere 770 D	Örnsköldsvik Sidensjö-Ås 6:2	2	T22	0,070
John Deere 770 D	Örnsköldsvik Drömme 5:9	1	T22	0,055
Komatsu 911.5	Umeå Täfteå 16:1	2	T20	0,100
Komatsu 911.5	Umeå Täfteå 8:17	1	T20	0,070
Komatsu 911.5	Umeå Tjälamark 16:1	1	T21	0,070

Bilaga 4. Beståndsuppgifter för de 9 gallrade bestånden utan hprGallring

Tabell 7. Skördarmodell, fastighetsnamn, antalet uppföljda bestånd (N) samt SI för de bestånd som ingick i studien

Table 7. Harvester model, property name, the number of stands (N) and SI for the stands included in the study

Skördare	Fastighet	N	SI
Rottne H8	Örnsköldsvik Idbyn 4:24	1	G27
Rottne H8	Örnsköldsvik Faresta 2:14	1	G28
Rottne H8	Örnsköldsvik Grundsunda-Sund 1:1	1	T22
John Deere 770 D	Örnsköldsvik Österbillsjö 2:4	1	G28
John Deere 770 D	Örnsköldsvik Själevads-Lövsjö 15:12	2	G28
John Deere 770 D	Örnsköldsvik Själevads-Lövsjö 15:12	1	G26
Komatsu 911.5	Gubböle 3:3	1	T20
Komatsu 911.5	Stöcksjö 14:50	1	T18
Komatsu 911.5	Håkmark 6:7	1	T20